من ذكريات العمل (56)

مشروع قناطر نجع حمادي الجديدة

التسرب بعد الغمر في مشروع قناطر نجع حمادي الجديدة

(Leakage after Impounding for New Naga Hamadi Barrage Project)

مقدمة

تعد الخرسانة المسلحة من المواد الإنشائية الأكثر استخدامًا في المشاريع الهيدروليكية الضخمة مثل السدود والقناطر ومحطات الطاقة المائية، بفضل مقاومتها العالية للضغوط الميكانيكية واستقرارها على المدى الطويل. ومع ذلك، فإن طبيعة هذه المادة المسامية تسمح بمرور كميات ضئيلة من المياه عبر شبكة الشقوق الدقيقة وفواصل الصب، خاصة عند تعرضها لضغوط هيدروستاتيكية قد تصل إلى عدة أمتار من عمود الماء. وتؤكد الخبرات العالمية في هذا المجال أن تحقيق منشأ خرساني مانع للمياه بنسبة مئة بالمائة يكاد يكون مستحيلًا من الناحية العملية. لذا، لا تستهدف فلسفة التصميم الهندسي منع أي تسرب للمياه مهما كان حجمه، بل التحكم فيه وحصره ضمن حدود آمنة لا تؤثر على سلامة المنشأ أو كفاءة تشغيله.

غمر قناطر نجع حمادي (Impounding)

بدأ الاختبار الحقيقي لقناطر نجع حمادي الجديدة بعد غمرها بالمياه للمرة الأولى في عملية الغمر (Impounding) في 18 نوفمبر 2006. في هذه المرحلة، تتحول الحسابات النظرية ورسومات التصميم إلى واقع عملي يخضع لقوى المياه وضغوطها المستمرة. مع ارتفاع مناسيب المياه خلف القناطر وبدء تعرض العناصر الخرسانية المختلفة للضغوط الهيدروليكية التصميمية، ظهرت بعض التسربات الموضعية في عدد من المواقع داخل الأهوسة الملاحية والمفيض ومحطة التوليد.

المعاينات الميدانية والتوثيق

قام فريق عمل مشترك بين المالك والاستشاري والمقاول سلسلة من المعاينات الميدانية لمتابعة سلوك المنشأ بعد الملء. شملت أعمال الفحص مختلف المناطق التي ظهر بها تسربات أو رطوبة أو نشع، وتم توثيق جميع الملاحظات وإعادة معاينتها على فترات زمنية متتابعة لرصد تطورها. اتضح من الفحوصات أن عرض الشروخ الفعلي بالمشروع لا يتجاوز في معظم الحالات 0.15 مم وقد يصل في حالات محدودة إلى 0.20 مم. ووفقًا للمراجع الألمانية DIN 1045 ، فإن الشروخ الأقل من 0.25 مم قد لا تكون العامل الرئيسي في تآكل حديد التسليح بسبب القلوية العالية للخرسانة.

أظهرت النتائج أن أغلب التسربات كانت عبارة عن تسرب بسيط او رشح أو بقع رطوبة عند بعض فواصل الصب والزوايا الداخلية ومناطق التقاء الخرسانة بالعناصر المعدنية. ولم تكن هذه التسربات ذات معدلات كبيرة أو مؤثرة، بل كانت في معظم الحالات محدودة لدرجة أن جزءًا كبيرًا من المياه المتسربة كان يتبخر قبل وصوله إلى مجاري الصرف داخل المنشأ بعد اعمال الحقن الابتدائية.

استراتيجية المعالجة: الحقن الكيميائي والإنشائي

لمعالجة هذه المشكلات بشكل جذري ونهائي، تم تطبيق استراتيجية هندسية تعتمد على تقنية الحقن الكيميائي بدءًا من أوائل العام 2007. في المرحلة الأولى، وهي مرحلة التحضير والاستكشاف، تم تنظيف الأسطح الخرسانية تمامًا وحفر ثقوب مائلة بزاوية 45 درجة لتقطع مسار الشروخ أو الفواصل الإنشائية في منتصف عمق الجدار الخرساني. توزع هذه الثقوب بشكل تبادلي على مسافات تتراوح بين 15 إلى 30 سم، ثم يتم تثبيت صمامات الحقن المصنوعة من الصلب داخل هذه الثقوب بإحكام.

في المرحلة الثانية، وهي مرحلة الحقن لوقف التدفق النشط، يتم في النقاط التي تشهد تدفقًا كبيرا ضخ مادة البولي يوريثان الرغوي الشره للمياه تحت ضغط عالٍ. تتميز هذه المادة بالتفاعل الفوري مع المياه المتسربة، حيث تتمدد لتشكل رغوة سادة مرنة وقوية تقطع مسار المياه وتوقف التدفق تمامًا في غضون ساعات قليلة.

وكان الموقف كالاتى:

ففي الأهوسة الملاحية، كانت معظم الملاحظات تتركز حول بعض الشروخ الدقيقة وبقع الرطوبة المحدودة عند الجدران والأسقف. إلا أن إعادة الفحص بعد مرور عدة أشهر أظهرت أن معظم هذه الظواهر قد اختفت تلقائيًا نتيجة السد الذاتي، بينما استمرت بعض الاماكن بها رشح بسيط دون أن تمثل أي تهديد إنشائي أو تشغيلي

أما في المفيض، الذي يمثل أحد أكثر أجزاء المشروع تعرضًا للضغوط المائية، فقد ظهرت بعض التسربات عند فواصل الصب وبعض الثقوب المائلة التي كانت قد نُفذت لأغراض الحقن. ومع مرور الوقت، انخفضت هذه التسربات بصورة ملحوظة، وأثبتت المراقبة المستمرة أن الخرسانة بدأت تستقر تدريجيًا تحت تأثير ظروف التشغيل الفعلية.

وفي محطة التوليد، وخاصة في المناطق المحيطة بغرف Wicket Gates ومناطق تثبيت المعدات الكهروميكانيكية، ظهرت بعض الأماكن بها رشح محدود التي تخضع بطبيعتها لمراقبة دقيقة نظرًا لحساسية هذه المناطق. إلا أن نتائج المتابعة أكدت أن كميات المياه المتسربة كانت ضئيلة للغاية، وأن معظمها لم يكن يصل حتى إلى الأرضيات أو قنوات الصرف، وهو ما عكس جودة التنفيذ وكفاءة أنظمة العزل المستخدمة بالمشروع.

ظاهرة السد الذاتي Self-Healing

أثارت المتابعة بعد أعمال الحقن ظاهرة هندسية مهمة تعرف باسم "السد الذاتي" أو .Self-Healing تحدث هذه الآلية عبر سلسلة من التفاعلات الكيميائية المتتابعة. فعند تعرض الخرسانة للمياه لأول مرة، يبدأ هيدروكسيد الكالسيوم الموجود في الخرسانة في الذوبان التدريجي في المياه المتسربة. وعندما تصل هذه المياه المحملة بالكالسيوم إلى سطح الخرسانة المعرض للهواء، أو عندما تتفاعل مع ثاني أكسيد الكربون الذائب، يترسب كربونات الكالسيوم على شكل بلورات دقيقة. تتراكم هذه البلورات بمرور الوقت داخل الشقوق والفجوات، فتُضيق مسار التسرب تدريجيًا، ثم تغلقه تمامًا عندما يكتمل الترسيب.

العوامل المؤثرة في فعالية السد الذاتي تتأثر سرعة وكفاءة ظاهرة السد الذاتي بعدة عوامل رئيسية. أولها وأكثرها تأثيرًا هو عرض الشق نفسه، فكلما كان الشق أضيق كان الإغلاق أسرع وأكمل. وثانيها هو محتوى هيدروكسيد الكالسيوم في الخرسانة، فالخرسانة الغنية بالأسمنت البورتلاندي لديها قدرة ذاتية أفضل وثالث هذه العوامل هو نوع الأسمنت المستخدم. ورابعها هو توفر المياه، فوجود مياه جارية مستمرة يسرع من عملية الترسيب بشكل أفضل من المياه الراكدة، لأنها تحمل باستمرار أيونات جديدة إلى موقع الترسيب. وخامسها هو عمر الخرسانة وقت التعرض الأول للمياه، فالخرسانة التي تتعرض للمياه في عمر مبكر تُظهر قدرة ذاتية أفضل من تلك التي تتعرض متأخرًا. وسادسها هو الضغط الهيدروليكي، فالضغوط العالية قد تطرد بلورات الكالسيوم المتكونة قبل أن تستقر في مكانها.

أظهرت نتائج المتابعة أنه لم يوصَ بتنفيذ برنامج لأعمال الحقن في هذه المرحلة، فقد يتسبب الحقن تحت ضغط مرتفع في فتح مسارات جديدة أو إحداث شروخ إضافية في الخرسانة السليمة. لذلك كان القرار الهندسي المناسب هو الاستمرار في المراقبة وإتاحة الفرصة للمنشأ كي يحقق استقراره الطبيعي تحت ظروف التشغيل.

بعد أكثر من عام من المتابعة والمعاينات المتكررة، أصبحت الصورة أكثر وضوحًا. فقد أثبتت النتائج أن معظم التسربات التي ظهرت عقب الملء الأول كانت ظواهر طبيعية ومؤقتة، وأن المنشأ نجح في تجاوز هذه المرحلة بنجاح. كما أكدت أعمال الرصد أن الخرسانة أدت وظيفتها بكفاءة، وأن معدلات التسرب كانت في حدود المقبول هندسيًا ولم تمثل أي خطر على حديد التسليح أو على سلامة المنشأ أو على المعدات الكهروميكانيكية.

إجراء حقن أنبوب السحب (Draft Tube)

بالإضافة إلى أعمال الحقن التي تم تنفيذها لمعالجة التسرب في مراحله الأولى، تم أيضًا تنفيذ حقن ال Draft Tube في مدخل التربينات. يُعد هذا الإجراء إحدى العمليات الهندسية المهمة في محطات الطاقة الكهرومائية. ويهدف إلى ملء الفراغات والمساحات الفارغة الناتجة عن صب الخرسانة حول الغلاف المعدنى لأنبوب السحب Draft Tube، وذلك لضمان التماسك الكامل بين الخرسانة والمعدن، ومنع تسرب المياه، وتقليل الاهتزازات، وتحسين الاستقرار الهيكلي للتوربينات على المدى الطويل.

تبدأ العملية بإجراء اختبار الصوت على شكل مخروط بزاوية 120 درجة داخل كل أنبوب تصريف. يهدف هذا الاختبار إلى الكشف عن المناطق التي تحتوي على هذه الفراغات. وبمجرد تحديد هذه المناطق وعمل خريطة تقريبية لها، يتم حفر ثقوب الحقن والتهوية بقطر 12 مم، وبمسافات تقريبية 1.5 متر بين كل ثقب وآخر، لتغطية المناطق المعيبة بشكل كافٍ.

تتم عملية الحقن تحت ضغط منخفض جدًا لا يتجاوز 0.05 ميجا باسكال. يبدأ الحقن من ثقب واحد حتى يظهر المادة في الثقوب المجاورة أو يصل الضغط إلى الحد الأقصى المسموح. وعند ظهور المادة في أحد الثقوب المجاورة، يُسد مؤقتًا بأوتاد خشبية، ويستمر الحقن حتى تصل المادة إلى باقي الثقوب المجاورة. بعد ذلك يُغلق الثقب الأول مؤقتًا، وتنتقل العملية تدريجيًا إلى الثقوب الأخرى بنفس الطريقة المتسلسلة حتى يتم ملء جميع الفراغات.

بعد الانتهاء من عملية الحقن وتصلب المادة بالكامل، يتم إزالة أنابيب الحقن وتنظيف بقايا الراتنج ثم يتم إغلاق الثقوب نهائيًا عن طريق اللحام، وتتم جميع عمليات الحفر واللحام تحت إشراف مباشر من Lot 3 مقاول أعمال التربينات.

الخلاصة

أثبتت تجربة قناطر نجع حمادي أن التسربات المحدودة في المنشآت الخرسانية هي ظاهرة طبيعية ولا يمكن تجنبها تمامًا. كما أن ظاهرة السد الذاتي تلعب دورًا مهمًا في إغلاق الشقوق بمرور الوقت. المراقبة المستمرة هي المفتاح لضمان سلامة المنشأ، وتقنيات الحقن يجب أن تُطبق بحذر لتجنب إحداث ضرر أكبر. جودة التنفيذ واختيار المواد المناسبة هما عاملان حاسمان في تقليل التسربات.

تمثل الصور المرفقة سجلاً ميدانياً لحالة المنشأ خلال فترة المتابعة بعد الغمر الأول لقناطر نجع حمادي الجديدة. وقد أظهرت أعمال الرصد أن معظم التسربات كانت محدودة النطاق ومرتبطة بطبيعة المنشآت الخرسانية الضخمة عند تعرضها للضغوط الهيدروليكية للمرة الأولى، بينما أكدت المتابعة اللاحقة نجاح أعمال المعالجة واستقرار المنشأ تحت ظروف التشغيل الفعلية

اردت التذكير بهذه الاعمال وشكر من ساهم فيها والترحم على من انتقل الى جوار ربه رحمهم الله رحمة واسعة.

المصادر

يوميات ومتابعة الاعمال اثناء التنفيذ

تقرير الاستشاري عن التسرب Leakage

مستندات المقاول حول حقن ال Draft Tube

ولمن أراد مزيد من التفاصيل يمكن الدخول من خلال الرابط التالى :

A 1. Photographs

A 1.1 Navigation Locks

A 1.1.1 NL-d/s Head

Floor El. 51.60
Pictures 1 to 3: Rooms D 2. 25, R D 2.26, Cable/Pipe Gallery
Picture 4: Rooms R 2.01, R 2.02, Dewatering Sump Rooms
The pictures are showing the actual situation of leakage on April, 2008.



Picture 1



Picture 3



Picture 2



Picture 4

Floor El. 54.90

Picture 5: Rooms R 3.05, R 3.06, Dewatering Pump Cubicle & Side Room

The picture shows the actual situation of leakage on April, 2008.



Picture 5

A 1.2 Sluiceway

A 1.2.1 SLW-Intermediate Pier
Picture 6: Room S 2.02, Staircase at Axes A/8
Pictures 7 to 9: Room R 2.10, Drainage Sump Room
Picture 10: Room R 2.10, Drainage Sump Room



Picture 6



Picture 7

Pictures 7 to 10 show the actual leakage at wall Axis 8 on May, 2008.

A 1.3 Powerhouse

A 1.3.1 PH-Abutment Pier

Picture 11: Room R 2.02, Elevator Shaft Anteroom
Picture 12: Room R 2.03, Corridor (Staircase Area)
Picture 13: Room R 2.03, Corridor (adjacent to Room R 2.04)
The pictures are showing the actual situation of leakage on May, 2008.





Picture 12

Picture 11



Picture 13

A 1.3.2 PH-Units 1 to 4

Wicket Gate Rooms R 2.05 to R 2.08



Picture 14:





Picture 16 **Picture 1**

Pictures 15 & 16: Leakage (2*) at u/s wall corners and Leakage (3*), encountered at all Units.



Picture 17

Picture 14: Leakage (1*) at d/s wall corners, between El. 51.10 & 43.20, encountered at all Units.

Pictures 15 & 16: Leakage (2*) at u/s wall corners and Leakage (3*), encountered at all Units.

Picture 17: Leakage (4*) at the lower quadrant on top of the stayring lower housing, encountered at all Units.

A 1. Photographs

A 1.1 Navigation Locks

A 1.1.1 NL-d/s Head

Floor El. 51.60
Pictures 1 to 3: Rooms D 2. 25, R D 2.26, Cable/Pipe Gallery
Picture 4: Rooms R 2.01, R 2.02, Dewatering Sump Rooms
The pictures are showing the actual situation of leakage on April, 2008.



Picture 1



Picture 2



Picture 3



Picture 4

Floor El. 54.90
Picture 5: Rooms R 3.05, R 3.06, Dewatering Pump Cubicle & Side Room
The picture shows the actual situation of leakage on April, 2008.



Picture 5

A 1.2 Sluiceway

A 1.2.1 SLW-Intermediate Pier
Picture 6: Room S 2.02, Staircase at Axes A/8
Pictures 7 to 9: Room R 2.10, Drainage Sump Room
Picture 10: Room R 2.10, Drainage Sump Room



Picture 6



Picture 7



Picture 8



Picture 9



Picture 10

The pictures 7 to 10 are showing the actual leakage at wall Axis 8 on May, 2008.

A 1.3 Powerhouse

A 1.3.1 PH-Abutment Pier

Picture 11: Room R 2.02, Elevator Shaft Anteroom
Picture 12: Room R 2.03, Corridor (Staircase Area)
Picture 13: Room R 2.03, Corridor (adjacent to Room R 2.04)
The pictures are showing the actual situation of leakage on May, 2008.



Picture 11



Picture 12



Picture 13

A 1.3.2 PH-Units 1 to 4

Wicket Gate Rooms R 2.05 to R 2.08



Picture 14:



Picture 15



Picture 16

Pictures 15 & 16: Leakage (2*) at u/s wall corners and Leakage (3*), encountered at all Units.



Picture 17

Picture 14: Leakage (1*) at d/s wall corners, between El. 51.10 & 43.20, encountered at all Units.

Pictures 15 & 16: Leakage (2*) at u/s wall corners and Leakage (3*), encountered at all Units.

Picture 17: Leakage (4*) at the lower quadrant on top of the stayring lower housing, encountered at all Units.

NEW NAGA HAMMADI BARRAGE AND HYDROPOWER PLANT
Leakage Report

1.1 General

It is technically not feasible to design a reinforced concrete structure exposed to water pressure up to 3 bar, which is "perfectly" watertight (the attribute "perfectly" does not appear in any Contract Document). The agreed and approved definition of the required degree of water tightness is contained on the relevant design drawings showing the water stop arrangement and at some areas (Sector Gate Trunnions, Distributor Anchor Rings) injection hoses arrangements. It was the intention of the designer that injections are required only in case of heavy leakages.

Accordingly there has been always a common understanding between Employer and Consultant that leakages which are not heavy, or which are reducing with the time, are inevitable and technically acceptable.

On the other side, excessive repair of small leakage areas by grouting is detrimental to the structural integrity of the outer walls. Due to the high grouting pressure additional cracks are induced in the originally sound concrete; this would only be justifiable in case of a bigger problem, i.e. heavy leakage.

1.2 Corrosion Protection of Reinforcement Bars

For this project, where crack width criteria of 0.15 mm have been applied to all hydraulic structures, the cracks actually occurred have a width of not more than the required 0.15 mm, perhaps 0.2 mm in some very exceptional cases.

It is commonly known and well documented fact (DIN 1045/Supplement 400) that, due to the alkalinity of concrete, corrosion of reinforcement bars is prevented in cracks with a width of less than 0.25 mm. In more recent publications and literature it is substantiated that this classical limit is too conservative, and in fact 0.3 mm is appropriate. As far as this limit is not exceeded, leakages are not harmful to reinforcement, because corrosion will not occur.

During construction of the Mubarak Pumping Station, this was already justified by Lahmeyer (LHEC) letter, dated 10.03.2002, sent to Prof. Dr.-Ing. A. F. Abuleid.

2. Site Inspections with particular Attention to Leakages

After impounding all areas have been inspected by Employer/Consultant and Contractor's representatives and inspection reports have been prepared of all areas/rooms where leakages have been identified.

2.1 Navigation Locks

2.1.1 NL-d/s Head

2.1.1.1 Floor El. 51.60

Rooms D 2.25, D 2.26, Cable/Pipe Gallery
Inspected on May 2007
Three (3) cracks at walls/ceiling with minor leakage and several wet spots have been identified; self-plugging process is progressing, action is not required (IR-05-0006_1, dated 06.05.2007).

Inspected on April 2008
The leakages at the ceilings stopped. Only at the walls minor leakages and some wet spots have been identified (refer to pictures 1 to 3, compiled in Annex 1). The self-plugging process is ongoing, injection is not required.

Rooms R 2.01, R 2.02, Dewatering Sump Rooms
Inspected on January 2007
Minor leakage at wall (Axis W) has been identified; self-plugging process is progressing (IR-05-0008_1, dated 21.01.2007).

Inspected on May 2007
Minor leakage at wall (Axis W) has been identified; self-plugging process is progressing, no action required (IR-05-0008_2, dated 06.05.2007).

Inspected on April 2008
Minor leakage at wall (Axis W) still observed (refer to picture 4, compiled in Annex 1). The self-plugging process is ongoing, no injection required.

2.1.1.2 Floor El. 54.90

Rooms R 3.05, R 3.06, Dewatering Pump Cubicle & Side Room
Inspected on January 2007
Minor leakage at wall (Axis W) and at wall (Axes 17/V) has been identified; self-plugging process is progressing (IR-05-0020_0, dated 21.01.2007).

Inspected on May 2007
Minor leakage at wall (Axis W) still observed; self-plugging process is ongoing, no action required. At wall (Axes 17/V) the leakage has stopped by self-plugging (IR-05-0020_1, dated 06.05.2007).

Inspected on April 2008
Minor leakage at wall (Axis W) still observed (refer to picture 5, compiled in Annex 1). The self-plugging process is ongoing, no injection required.

2.1.1.3 Staircase Axes 19/W

Rooms S 2.21, S 3.21, S 4.21
Inspected on May 2007
At walls some minor leakages has been identified; self-plugging process is progressing, no action required (IR-05-0010_0, dated 06.05.2007).
Inspected on April 2008

All leakages have stopped by self-plugging.

2.1.1.4 Floor El. 63.00

Room R 4.06, Culvert Gate u/s, Machine Room
Inspected on April 2008
During navigation operations at Navigation Lock 2, leakage at NL 2 Culvert Gate bonnet cover frame along the u/s anchor bolts (embedded part no. 228 (Lot 2)) has been identified. For the proposed rectification measures, please refer to IR-05-0028_3.

2.1.2 NL-u/s Head

2.1.2.1 Floor El. 54.90

Room D 2.21, Cable/Pipe Gallery
Inspected on May 2007
Six (6) wet spots have been identified; self-plugging process is progressing, no action required.

Inspected on April 2008
Only some moisture spots were encountered; self-plugging process is ongoing, no injection required (IR-05-206_0, dated 05.05.2007).

Room R 2.21, Side Room
Inspected on May 2007
Three (3) wet spots have been identified; self-plugging process is progressing, no action required (IR-05-00207_0, dated 05.05.2007).

Inspected on April 2008
All wet spots dried out by self-plugging.

2.2 Sluiceway

2.2.1 SLW-Intermediate Pier

2.2.1.1 Floor El. 43.20

Room R 2.09, Dewatering Sump Room
Inspected on June 2007
During impounding leakage at the construction joints between El. 45.50 & 50.00 and heavy leakage at the inclined boreholes have been identified (NCR 0032, boreholes drilled to comply with corrective actions according to MSP 1100).
At the leaking boreholes a hose has been installed to prevent leakage water at the concrete surface.
The self-plugging process is progressing. At the present only minor leakage at the construction joints and the inclined boreholes have been observed, no injection required (IR-04-0354_0, dated 06.06.2007).

Inspected on September 2007
At present self-plugging process is nearly completed, only minor leakage at one inclined borehole has been observed.

At the drainage pipe, installed at the wall corner Axes 8/C El. 45.50, some minor leakage has been encountered. The pipe is draining the leakage water of the d/s Pier ballast chambers (IR-04-0499_0, dated 17.09.2007).

Inspected on May 2008
At present self-plugging process is nearly completed; no injection required (IR-04-0499_1, dated 03.05.2008).
The drainage pipe (El. 45.50) at the wall corner Axes 8/C has been extended to the drainage sump (refer to pictures 7 to 9, compiled in Annex 1).

Room R 2.10, Drainage Sump Room
Inspected on June 2007
During impounding leakage at the construction joints between El. 45.50 & 50.00 and heavy leakage at the inclined boreholes have been identified (NCR 0032, boreholes drilled to comply with corrective actions according to MSP 1100).
At the leaking boreholes a hose has been installed to prevent leakage water at the concrete surface. The self-plugging process is progressing, no injection required (IR-04-0355_0, dated 06.06.2007).

Inspected on September 2007
At present self-plugging process is still progressing. Most of the leakage water evaporates without reaching the drainage gutter (IR-04-0499_0, dated 17.09.2007).

Inspected on May 2008
At present minor leakage at the horizontal construction joint at the horizontal construction joint at El. 45.50 and some wet spots at the remaining wall area have been observed (IR-04-0499_1, dated 03.05.2008). The self-plugging process is still progressing. Most of the leakage amount evaporates without reaching the drainage gutter (refer to picture 10, compiled in Annex 1). No injection required.

Room R 2.11, Corridor
Inspected on June 2007
One moisture spot observed. Full leakage amount evaporates without reaching the drainage gutter, no action required (IR-04-0355_0, dated 06.06.2007).

Inspected on June 2007
The moisture spot already dried out (IR-04-0499_0, dated 17.09.2007).

Room S 2.02, Staircase at Axes A/8
Inspected on June 2007
During impounding, leakage at the wall corner at Axes A/8 between El. 45.455 & 49.53 has been identified. At present self-plugging process is ongoing, no injection required (IR-04-356_0, dated 06.06.2007).

Inspected on September 2007
At present self-plugging process is still progressing and the upper corner part between El. 45.455 & 49.53 already dried out.
Between landing El. 58.38 & 53.95 two moisture spots have been encountered, which are already dried out (IR-04-0499_0, dated 17.09.2007).

Inspected on May 2008
Minor leakage at the wall corner at Axes A/8 between El. 45.455 & 49.53 still observed (IR-04-0499_1, dated 03.05.2008). At present the self-plugging process is still ongoing.
Conclusions: To prevent leakage water on the floor surface of the landing, collect the leakage by small barrier at the wall corner, install a down pipe and drain the water into the gutter at El. 43.20 (refer to picture 6, compiled in Annex 1).

2.3 Powerhouse

2.3.1 PH-Abutment Pier

2.3.1.1 Floor El. 43.20

Room R 2.02, Elevator Shafts Anteroom
During impounding minor leakage at the horizontal construction joint (El. 52.60) at wall Axis 1 has been identified.
At present the self-plugging process is nearly completed; no injection required (IR-03-0890_0, dated 03.05.2008)
Please refer to picture 11, compiled in Annex 1.

Room R 2.03, Corridor
During impounding minor leakage at the horizontal construction joint (El. 52.60) at wall Axis 2/A has been identified.
At the corridor wall adjacent to Room R 2.04, a wet spot about 1m above floor level has been identified.
At present the self-plugging process is nearly completed; no injection required (IR-03-0890_0, dated 03.05.2008).
Please refer to pictures 12 & 13, compiled in Annex 1.

Room R 2.04, Corridor below unloading Area
During impounding, one moisture spot at wall Axis 1 has been identified.
Aforementioned moisture spot already dried out (IR-03-0890_0, dated 03.05.2008).

2.3.2 PH-Units 1 to 4

At the Wicket Gate Rooms following leakages have been encountered as listed below:

1* At the d/s wall corners between El. 51.10 & 43.20.
2* At the u/s wall corners between El. 51.10 & 43.20.
3* Third stage concrete joints around the distributor anchor ring.
4* At the lower quadrant on top of the access to the lower housing of the stayring.
Please refer to IR-03-0890_0, dated 03.05.2008.
Please refer to pictures 14 to 17, compiled in Annex 1.

Room R 2.05, Unit 1 Wicket Gate Room
Leakages identified as described above:
1* At the d/s wall corner Axis 3.
3* Third stage concrete joints around the distributor anchor ring.
4* At the lower quadrant on top of the access to the lower housing of the stayring.
At present the self-plugging process is nearly completed; no injection required.

Room R 2.06, Unit 2 Wicket Gate Room
Leakages identified as described above:
1* At the d/s wall corners Axes 3 & 4.
2* At the u/s wall corner Axis 3.
3* Third stage concrete joints around the distributor anchor ring.
4* At the lower quadrant on top of the access to the lower housing of the stayring.
At present the self-plugging process is ongoing; no injection required.

Room R 2.07, Unit 3 Wicket Gate Room
Leakages identified as described above:
1* At the d/s wall corners Axes 4 & 5.
2* At the u/s wall corners Axes 4 & 5.
3* Third stage concrete joints around the distributor anchor ring.
4* At the lower quadrant on top of the access to the lower housing of the stayring.
At present the self-plugging process is ongoing; no injection required.

Room R 2.08, Unit 4 Wicket Gate Room
Leakages identified as described above:
1* At the d/s wall corner Axis 5.
2* At the u/s wall corners Axes 5 & 6.
3* Third stage concrete joints around the distributor anchor ring.
4* At the lower quadrant on top of the access to the lower housing of the stayring.
At present the self-plugging process is ongoing; no injection required.

The observed leakage quantities at the Wicket Gate Rooms are insignificant. Most of the actual leakage amount evaporates without reaching the gutter or the floor level.

Conclusions:
As documented by the above findings, the observed leakage quantities are insignificant and no injection works are required. It is expected that current leakage rates will further reduce due to the following: a) the self-healing process, even if slowed down, will continue, and b) by the ventilation system in operation remaining wet spots will dry out.